

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/001872

International filing date: 23 February 2005 (23.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 009 046.7
Filing date: 23 February 2004 (23.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 20 May 2005 (20.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 009 046.7

Anmeldetag: 23. Februar 2004

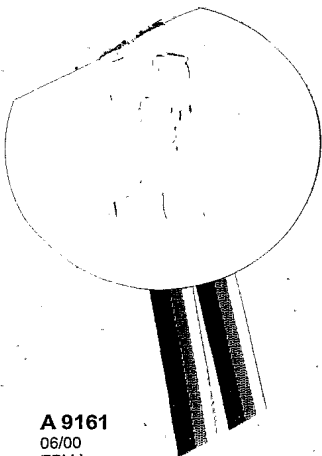
Anmelder/Inhaber: Hanning Elektro-Werke GmbH & Co KG,
33813 Oerlinghausen/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen einer
Synchronpumpe sowie Vorrichtung zur Durchführung
dieses Verfahrens

IPC: F 04 D, G 01 R, A 47 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 7. April 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



A 9161
06/00
EDV-L

TER MEER STEINMEISTER & PARTNER GbR
PATENTANWÄLTE - EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

Dr. Nicolaus ter Meer, Dipl.-Chem.
Peter Urner, Dipl.-Phys.
Gebhard Merkle, Dipl.-Ing. (FH)
Bernhard P. Wagner, Dipl.-Phys.
Mauerkircherstrasse 45
D-81679 MÜNCHEN

Helmut Steinmeister, Dipl.-Ing.
Manfred Wiebusch

Artur-Ladebeck-Strasse 51
D-33617 BIELEFELD

Case: HNG P01 / 04

23.02.2004
Mü/zs

HANNING
Elektro-Werke GmbH & Co. KG
Holter Straße 90
33813 Oerlinghausen

**Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen einer
Synchronpumpe sowie Vorrichtung zur Durchführung
dieses Verfahrens**

1 **Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen einer
Synchronpumpe sowie Vorrichtung zur Durchführung
dieses Verfahrens**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen einer Synchronpumpe in einem Flüssigkeitskreislauf, insbesondere in einer Spülmaschine oder dergleichen.

10 In Spülmaschinen werden häufig Synchronpumpen, das heißt durch Synchronmotor angetriebene Pumpen, dazu verwendet, das zur Reinigung verwendete Spülwasser vom Boden des Innenraums des Gerätes abzupumpen und wieder zu den Sprüharmen zu fördern, so dass ein geschlossener Flüssigkeitskreislauf geschaffen wird. Dieser Aufbau ist sehr verbreitet, da auf diese Weise Frischwasser gespart werden kann.

15 Im Idealfall bleibt die zirkulierende Wassermenge konstant, und die Synchronpumpe zum Umwälzen des Wassers arbeitet mit konstanter Leistung. Ein Problem tritt jedoch dann auf, wenn sich Wasser im Maschinen-Innenraum an Stellen speichert, von denen es nicht abfließen oder abgepumpt werden kann, so dass es nicht mehr zur Rückführung zu den Sprühdüsen zur Verfügung steht. Solche Flüssigkeits-Reservoirs werden insbesondere durch Töpfe oder ähnliche Behälter gebildet, die während des Spülvorgangs umkippen, so dass ihre Öffnungen nach oben weisen und das von oben auf das zu reinigende Geschirr verteilte Spülwasser gesammelt wird. Ein weiteres Problem besteht in einer Behinderung der Wasserzirkulation durch eine Verschmutzung des Filters, der im Boden des Innenraums des Gerätes am Einlass der Vorlaufleitung der Synchronpumpe angeordnet ist. Unterschreitet jedoch die zirkulierende Wassermenge ein bestimmtes Mindestvolumen, kann ein störungsfreier Betrieb des Gerätes nicht gewährleistet werden. Abgesehen davon, daß das Geschirr nicht mehr vollständig gereinigt wird, besteht in diesem Fall die Gefahr einer Beschädigung der Synchronpumpe.

35 Es ist daher erwünscht, den augenblicklichen Betriebszustand des Wasserkreislaufs zu bestimmen und insbesondere zu ermitteln, ob die Pumpe ordnungsgemäß fördert. Bekannt sind Meßverfahren zur Messung der vor dem Spülvorgang in den Kreislauf eingeleiteten Wassermenge. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, das Wasser über ein Laufrad zu leiten, dessen

1 Umdrehungszahl proportional zum über das Laufrad geleiteten Wasservolumen ist. Diese Anordnung bietet den Vorteil, dass sie preiswert zu realisieren ist, liefert jedoch relativ ungenaue Messergebnisse. Eine ständige Kontrolle des zirkulierenden Wasservolumens während des Betriebs der Maschine wird
5 hierdurch nicht gewährleistet. Keines der bekannten Verfahren sieht die Möglichkeit vor, bei einem Unterschreiten eines Mindestwasserstandes Maßnahmen zur Behebung der Störung zu ergreifen und beispielsweise Frischwasser in den Kreislauf einzuleiten, so daß die Differenz ausgeglichen wird.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen einer Synchronpumpe der eingangs genannten Art zu schaffen, das es auf möglichst einfache, zuverlässige und kostensparende Weise ermöglicht, unterschiedliche Betriebszustände der Synchronpumpe zu
15 detektieren und zu identifizieren, die Fehlfunktionen im Flüssigkeitskreislauf entsprechen, insbesondere einem Absinken des zirkulierenden Wasservolumens unter ein Mindestniveau und einer Filterverschmutzung.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1
20 gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden zunächst in einem Meß-Schritt die Wechselspannung und der Wechselstrom am bzw. durch den Motor gemessen. In einem anschließenden Bestimmungs-Schritt wird zu verschiedenen Zeitpunkten die Größe einer Phasenverschiebung gemessen, die
25 zwischen der Wechselspannung und dem Wechselstrom auftritt, und aus den aufgenommenen Meßwerten wird der zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung ermittelt und ein charakteristisches Merkmal des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung bestimmt. Schließlich wird in einem Zuordnungs-Schritt das bestimmte Merkmal einem vorbestimmten Pumpen-Betriebszustand zuge-
30 ordnet.

Dieses Diagnoseverfahren beruht auf der Erkenntnis, dass der zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom der Synchronpumpe als Indikator für eine Pumpen-Fehlfunktion dienen kann. Wird beispielsweise dem Wasserkreislauf in der Spülmaschine eine bestimmte Wassermenge entzogen, etwa durch einen umgekippten Topf, so tritt eine Änderung der Phasenverschiebung auf, die darauf zurückzuführen ist, daß im
35

1 Pumpengehäuse ein Luft-Wasser-Gemisch vorliegt. Charakteristischen Eigen-
schaften des gemessenen Phasenverschiebungsverlaufs entsprechen eindeutig
zuzuordnende Pumpen-Betriebszustände, bei deren Eintreten Gegenmaßnah-
men eingeleitet werden können, die der Fehlfunktion entgegenwirken. Bei-
5 spielsweise kann das Wasservolumen innerhalb des Kreislaufs durch Frisch-
wasser ergänzt werden. Ferner kann ein Warnsignal erzeugt werden, das
durch eine Bedienungsperson wahrzunehmen ist. Sämtliche Verfahrens-
schritte sind relativ einfach und preiswert zu realisieren, und die Phasenver-
schiebungs-Messung kann gegenüber den herkömmlichen Verfahren ver-
10 gleichsweise genau durchgeführt werden. Durch die ständige Wasserstands-
kontrolle kann die Frischwasserzuführung genau am Bedarf orientiert wer-
den, so daß ein ressourcensparender Wasserkreislauf realisiert werden kann.
Außerdem wird hierdurch ein Energiespareffekt erreicht, da nur das im
Kreislauf befindliche Wasser für die einzelnen Spülgänge aufgeheizt werden
15 muß.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens
wird im Zuordnungs-Schritt das bestimmte Merkmal einem vorbestimmten
Merkmals-Wertebereich zugeordnet, der mit einem Pumpen-Betriebszustand
20 verknüpft ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird im Bestimmungs-Schritt
die Größe der Steigung des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung be-
stimmt und im Zuordnungs-Schritt einem vorbestimmten Steigungs-Wertebereich
25 zugeordnet, der mit einem Pumpen-Betriebszustand verknüpft ist.

Bei dieser Ausführungsform des Verfahrens wird also die Größe der Steigung
des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung zur Erkennung des Pumpen-
Betriebszustands, z.B einer Filterverschmutzung genutzt.

30

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfaßt der Bestimmungs-
Schritt einen Transformations-Schritt, in welchem der zeitliche Verlauf der
Phasenverschiebung einer Fourier-Transformation unterzogen wird und die
Amplitude der Fourier-Transformierten in einem vorbestimmten Frequenzbe-
35 reich bestimmt wird. Der Zuordnungs-Schritt dient in diesem Fall dazu, die
zuvor bestimmte Amplitude einem vorbestimmten Amplituden-Wertebereich
zuzuordnen, der wiederum mit einem Pumpen-Betriebszustand verknüpft ist.

1 Die Analyse findet in diesem Fall also im Frequenzbereich statt. Weist der
zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung beispielsweise hochfrequente Sig-
nalanteile auf, so kann dies darauf hindeuten, dass im Pumpengehäuse ein
Luft-Wasser-Gemisch vorliegt und die Pumpe nicht mit voller Leistung arbei-
5 ten kann.

Vorzugsweise kann es sich bei der Fourier-Transformation um eine diskrete
Fourier-Transformation (DFT) oder um die spezielle Form der DFT, die soge-
nannte Fast-Fourier-Transformation (FFT) handeln.

10

Die Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung im Bestim-
mungs-Schritt kann vorzugsweise eine gleitende Mittelung beinhalten.

15

Der Meß-Schritt kann vorzugsweise eine Umwandlung des gemessenen Wech-
selspannungs-Signals und des gemessenen Wechselstrom-Signals in Recht-
ecksignale beinhalten.

20

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens
umfasst einen Microcontroller mit einem Timer, der einen Spannungs-Ein-
gang zur Aufnahme eines Start-Signals und einen Strom-Eingang zur Aufnah-
me eines Stopp-Signals umfasst. Diese Spannungs- bzw. Stromeingänge sind
dazu ausgebildet, das Überschreiten eines vorbestimmten Spannungs- bzw.
Stromsignal-Pegels als Start- bzw. Stop-Signal zu interpretieren. Der Inhalt
des Timers ist zum zeitlichen Abstand zwischen dem Start- und dem Stop-
Signal proportional. Der Microcontroller umfasst ferner einen Speicher zur
25 Aufnahme des Timer-Inhalts.

30

Durch den Timer des vorstehend beschriebenen Microcontrollers lässt sich
die Größe der Phasenverschiebung messen. Der durch weitere Analyseein-
richtungen abzurufende Inhalt des Speichers ist proportional zur Phasenver-
schiebung, so dass durch die erfindungsgemäße Vorrichtung eine einfache
Möglichkeit zur Betriebszustandsanalyse geboten wird.

35

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Speicher eine Anzahl von
Speicherplätzen zur Speicherung einer Abfolge von Speicherinhalten.

1 Weiter vorzugsweise umfasst der Microcontroller eine Auswertungseinheit zur Mittelung der Speicherinhalte.

5 Vorzugsweise dient eine Schnittstelle zur Übermittlung betriebszustandsbezogener Daten vom Microcontroller an eine Steuereinheit zur Steuerung des Flüssigkeitskreislaufs.

Die Erfindung ist auch auf Waschmaschinen geeigneter Bauart oder andere im Umwälzbetrieb laufende Maschinen anwendbar.

10

Im folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

15

Fig. 1 zeigt schematisch die zu messenden Spannungs- und Strom-Signale sowie deren Umformung;

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung des Verlaufs der Phasenverschiebung;

20

Fig. 3 ist ein Diagramm, das die Funktionseinheiten einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt;

25

Fig. 4 bis 7 zeigen den zeitlichen Verlauf der Phasenverschiebung entsprechend verschiedenen Pumpen-Betriebszuständen; und

Fig. 8 ist ein Flussdiagramm, das die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte erläutert.

30

Fig. 1 zeigt vier Diagramme, in denen jeweils der Verlauf eines Spannungs- und eines Strom-Signals gegen die Zeit t aufgetragen ist. Das linke obere Diagramm zeigt den sinusförmigen Verlauf der Spannung U , die an einer Synchronpumpe eines Flüssigkeitskreislaufs anliegt, während das linke untere Diagramm den ebenfalls sinusförmigen Verlauf des Stroms I zeigt. Die beiden Sinuskurven des Spannungs-Signals U und des Stromsignals I sind um eine Phasenverschiebung $\Delta\phi$ gegeneinander verschoben, d.h. $\Delta\phi$ entspricht einer zeitlichen Verschiebung des Nulldurchgangs des Stromsignals I gegenüber

35

1 dem Spannungs-Signal U . Die Größe dieser Phasenverschiebung $\Delta\phi$ kann er-
findungsgemäß zur Diagnose eines Pumpen-Betriebszustands verwendet wer-
den, wie nachfolgend noch erläutert werden soll. Zu diesem Zweck werden
Spannung U und Strom I am Motor in einem Meß-Schritt gemessen, und
5 nachfolgend wird in einem Bestimmungs-Schritt die Größe der Phasenver-
schiebung $\Delta\phi$ bestimmt.

Vor der weiteren Auswertung werden die gemessenen Spannungs- und Strom-
signale U, I zunächst bearbeitet, und zwar durch Umwandlung in Rechtecksig-
10 nale U' bzw. I' . Diese Signale sind in der rechten Hälfte von Fig. 1 in einem
oberen und unteren Diagramm dargestellt. Im einzelnen geschieht die Um-
wandlung des Spannungs-Signals U in das Rechtecksignal U' durch einen
Optokoppler, der das analoge Sinus-Spannungs-Signal U in ein digitales
Rechtecksignal wandelt. Gleichzeitig wird hierdurch eine Potentialtrennung
15 zwischen der Motorspannung und einem nachgeschalteten Microcontroller
hergestellt, der zur Auswertung dient. Zur Umwandlung des Sinus-Stromsig-
nals I in das Rechtecksignal I' wird der Motorstrom über einen Shunt als
Meßwiderstand geleitet, und die Meßspannung wird durch einen Operations-
verstärker in ein Rechtecksignal gewandelt. Die Potentialtrennung wird auch
20 in diesem Fall durch einen nachgeschalteten Optokoppler gewährleistet.

In Fig. 2 sind diese bearbeiteten Signale U', I' gemeinsam dargestellt. Die
Abszisse entspricht auch in diesem Fall der Zeit t , während die Ordinate der
Amplitude der Signale entspricht. Im Normalbetrieb der Pumpe, in dem diese
25 vollständig mit Wasser gefüllt ist, tritt eine bestimmte Phasenverschiebung
 $\Delta\phi_1$ auf. Wird dem Wasserkreislauf in einer Spülmaschine Wasser entzogen,
so daß das durch die Synchronpumpe geförderte Wasservolumen abnimmt,
wächst die Phasenverschiebung $\Delta\phi_2$ zwischen Spannungs- und Stromsignal
 U', I' deutlich an, sobald ein bestimmter Wasserstand unterschritten wird.
30 Diese Vergrößerung der Phasenverschiebung kann in einem Bestimmungs-
Schritt, der dem zuvor beschriebenen Meß-Schritt nachfolgt, bestimmt wer-
den, und durch Messung an verschiedenen Zeitpunkten kann der zeitliche
Verlauf der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ ermittelt werden. Ferner ist es möglich,
den Verlauf der Phasenverschiebung zu analysieren und auf charakteristische
35 Merkmale hin zu untersuchen, wie im folgenden noch näher dargestellt wer-
den soll. Ein bestimmtes Merkmal, also z.B. die Größe eines bestimmten Pa-
rameters des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ wird in einem

- 1 Zuordnungs-Schritt, der dem Bestimmungs-Schritt folgt, einem vorbestimm-
ten Pumpen-Betriebszustand zugeordnet. Diese Zuordnung kann auch bein-
halten, dass das Merkmal einem vorbestimmten Merkmals-Wertebereich zuge-
ordnet, d.h. klassifiziert wird, der mit einem Pumpen-Betriebszustand ver-
5 knüpft ist.

- Das Blockdiagramm in Fig. 3 zeigt funktionelle Bestandteile einer Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Ein Microcontroller 10 umfasst einen Timer 12 mit einem Spannungs-Eingang 14 und einem Strom-Eingang 16.
- 10 Der Spannungs-Eingang 14 dient zur Aufnahme des Rechteck-Spannungs-Signals U' , während der Strom-Eingang 16 zur Aufnahme des Strom-Rechtecksignals I' dient. Die Rechtecksignale sind zu diesem Zweck an den Pegel des Microcontrollers 10 angepaßt. Die steigende Flanke des Spannungs-Signals U' dient als Start-Signal für den Timer 12, während die steigende Flanke
- 15 des Strom-Signals I' als Stop-Signal dient. Der Inhalt des Timers 12, der in einem Speicher 18 des Microcontrollers 10 gespeichert wird, ist proportional zum zeitlichen Abstand zwischen Start-Signal und Stop-Signal und damit proportional zur Phasenverschiebung $\Delta\phi$ zwischen diesen Signalen.
- 20 Der Speicher 18 kann eine Anzahl von Speicherplätzen umfassen, die zur Speicherung einer Abfolge von Speicherinhalten dienen. Auf diese Weise lässt sich ein zeitlicher Verlauf der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ über die Zeit t hinweg bestimmen. Es ist also möglich, innerhalb eines bestimmten Zeitfensters Δt eine Anzahl von Phasenverschiebungs-Messungen durchzuführen, wobei jede
- 25 Messung einem Speicherinhalt an einer Speicherstelle des Speichers 18 entspricht. Anschließend werden diese Messwerte mit Hilfe eines Software-Moduls 20 des Microcontrollers 10 einer gleitenden Mittelung unterzogen. Das Resultat ist ein geglätteter zeitlicher Verlauf der Phasenverschiebung $\Delta\phi$, der auf bestimmte Merkmale bzw. Parameter hin untersucht werden kann. Die
- 30 gleitende Mittelung bietet den Vorteil, daß die Auswirkungen von Meßfehlern gedämpft werden. Außerdem kann auf diese Weise die Analyse der charakteristischen Merkmale des Phasenverschiebungsverlaufs nach jedem neuen Meßvorgang durchgeführt werden.
- 35 Die Vorrichtung kann ferner eine Schnittstelle zur Übermittlung betriebszustandsbezogener Daten an eine Steuer- oder Regeleinheit des Wasserkreislaufs umfassen, wie beispielsweise eine Hardware-Schnittstelle des Microcon-

1 trollers 10 zur Kommunikation mit einem externen Steuermodul. Dient der
Microcontroller 10 selbst zur Regelung des Wasserkreislaufs, so wird die
Kommunikation intern durch eine Software-Schnittstelle zum Datenaus-
tausch zwischen den jeweils zuständigen Software-Modulen realisiert.

5

Zeitliche Verläufe der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ über die Zeit t entsprechend
verschiedenen Betriebszuständen der Synchronpumpe sind in den Fig. 4 bis
7 dargestellt. Die gezeigten Kurven werden aus einer großen Anzahl von
Messwerten gewonnen, die Speicherstellen des Speichers 18 entsprechen und
10 durch das Softwaremodul 20 in der oben beschriebenen Weise bearbeitet wor-
den sind. Fig. 4 zeigt die Anlaufphase der Synchronpumpe. In einem ersten
Zeitbereich t_1 kommt es zu einem kurzzeitigen Anstieg der Phasenverschie-
bung. Der zeitliche Verlauf in diesem Bereich t_1 zeigt ferner hochfrequente
Signalanteile. In dem darauf folgenden Zeitbereich t_2 stellt sich eine relativ
15 kleine, konstante Phasenverschiebung ohne hochfrequente Signalanteile ein.
Dies entspricht einem ordnungsgemäßen Betrieb der Pumpe bei einem ausrei-
chenden Wasservolumen im Kreislauf, entsprechend beispielsweise einem
ausreichend hohen Wasserstand in einer Spülmaschine.

20 Hingegen zeigt Fig. 5 den zeitlichen Verlauf der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ beim
Abpumpen des Wassers, wobei Luft in das Pumpengehäuse gelangt. Ein erster
Zeitbereich der Kurve t_2 entspricht dem bereits in Fig. 4 dargestellten ord-
nungsgemäßen Betrieb der Pumpe bei ausreichend hohem Wasserstand. Die
Phasenverschiebung $\Delta\phi$ ist in diesem Zeitbereich t_2 relativ klein. Gelangt je-
25 doch zusätzlich Luft in das Pumpengehäuse, so dass ein Luft-Wasser-Ge-
misch vorliegt, steigt die Phasenverschiebung $\Delta\phi$ in diesem Zeitbereich t_3
sehr schnell an und es stellen sich hochfrequente Signalanteile ein. Dieser
Verlauf im Zeitbereich t_3 zeigt sich auch dann, wenn dem Wasserkreislauf
eine kleinere Menge Wasser (z.B. durch einen umgekippten Topf) entzogen
30 wird.

Entleert sich das Pumpengehäuse im Zeitbereich t_4 allmählich, so steigt die
Phasenverschiebung von dem in t_3 gehaltenen annähernd konstanten Wert
allmählich an, bis schließlich im Zeitbereich t_5 ein konstanter hoher Phasen-
35 verschiebungs-Wert erreicht wird, der einer vollständigen Entleerung des
Pumpengehäuses entspricht. Dieser Fall tritt ein, wenn dem Kreislauf das
Wasser vollständig entzogen worden ist.

1 Wie Fig. 5 zu entnehmen ist, entsprechen verschiedene Betriebszustände der
Pumpe verschiedenen zeitlichen Verläufen der Phasenverschiebung $\Delta\phi$. Dies
bietet die Möglichkeit, aus der Untersuchung der Phasenverschiebung auf
den jeweiligen Betriebszustand zu schließen. Insbesondere ist es möglich, be-
5 stimmte Parameter des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ und
deren Größe an bestimmten Punkten zu untersuchen, wie etwa die Steigung
der ermittelten Kurve. Betrachtet man beispielsweise den Zeitbereich t_4 in
Fig. 5, so zeigt sich hier ein näherungsweise linearer Anstieg der Phasenver-
schiebung $\Delta\phi$ mit der Zeit t . Bestimmt man die Steigung S_1 an einem be-
10 stimmten Zeitpunkt, so lässt sich diese Steigung S_1 einem bestimmten Be-
triebszustand der Pumpe zuordnen, wie etwa im vorliegenden Fall einer all-
mählichen Entleerung des Pumpengehäuses. Im Zuordnungs-Schritt wird
dann die Größe der Steigung S_1 einem vorbestimmten Steigungs-Wertebe-
reich zugeordnet, d.h. klassifiziert, der mit einem Pumpen-Betriebszustand
15 verknüpft ist.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, auf die Ermittlung des zeitlichen Ver-
laufs der Phasenverschiebung einen Transformations-Schritt folgen zu las-
sen, in dem der zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung einer Fourier-
20 Transformation unterzogen wird. Dies dient dazu, die im Signalverlauf ent-
haltenen Frequenzen zu untersuchen, da diese Aufschluss auf ein bestimm-
tes Betriebsverhalten geben. Beispielsweise sind im Zeitbereich t_3 bei einem
Vorliegen eines Luft-Wasser-Gemischs im Pumpengehäuse hochfrequente Sig-
nalanteile enthalten, die im Normalbetrieb nicht auftreten, so dass das Auf-
25 treten solcher Frequenzanteile ein klares Indiz für eine Fehlfunktion des Sys-
tems ist. Es wird daher die Amplitude der Fourier-Transformierten in einem
vorbestimmten Frequenzbereich bestimmt, und in dem Zuordnungsschritt
wird die bestimmte Amplitude einem vorbestimmten Amplituden-Wertebereich
zugeordnet, der mit einem Pumpen-Betriebszustand verknüpft ist. Beispiels-
30 weise werden im vorliegenden Fall die hohen Frequenzanteile beim Vorliegen
eines Luft-Wasser-Gemischs im Pumpengehäuse in einen vorbestimmten
Amplituden-Wertebereich fallen, so dass eine eindeutige Klassifizierung der
zuvor bestimmten Amplitude der Fourier-Transformierten möglich ist. Bei der
Fourier-Transformation kann es sich um eine diskrete Fourier-Transformati-
35 on (DFT) oder um die spezielle Form der DFT, die sogenannte Fast-Fourier-
Transformation (FFT) handeln, die vom Softwaremodul 20 des Microcontrol-
lers 10 rechnerisch durchgeführt werden kann.

1 Im folgenden sollen weitere charakteristische Signalverläufe beschrieben werden.

5 Fig. 6 zeigt den zeitlichen Verlauf der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ im Fall von Filterverschmutzungen, die einen ausreichenden Zustrom im Pumpen-Vorlauf behindern. Ausgehend vom normalen Pumpenbetrieb im Zeitbereich t_2 kommt es hier zu einer kontinuierlichen Filterverschmutzung, die zu einem allmählichen Anstieg der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ führt, bis der Filter vollständig verstopft ist (Zeitbereich t_7) und die Phasenverschiebung
10 sehr hohen, konstanten Wert erreicht. Die Steigung S2 im Zeitbereich t_6 bietet somit einen Anhaltspunkt für das Vorliegen einer kontinuierlichen Filterverschmutzung. Zur Diagnose dieses Betriebszustands wird also in der zuvor beschriebenen Weise im Bestimmungsschritt die Größe der Steigung S2 des ermittelten zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ bestimmt, und im
15 Zuordnungs-Schritt wird die bestimmte Größe der Steigung S2 einem vorbestimmten Steigungs-Wertebereich zugeordnet, der im vorliegenden Fall dem Betriebszustand einer kontinuierlichen Filterverschmutzung entspricht.

20 Die vollständige Verschmutzung des Filters (Zeitbereich t_7) kann auch schlagartig auftreten, wenn ein Fremdkörper in den Filter gelangt. Dieser Fall ist in den Zeitbereichen t_8 und t_9 dargestellt. Während zur Zeit t_8 ein normaler, ordnungsgemäßer Pumpenbetrieb mit kleiner Phasenverschiebung $\Delta\phi$ vorliegt, steigt in dem Fall, in dem der Fremdkörper in den Filter gelangt, die Phasenverschiebung schlagartig an, so dass eine sehr hohe konstante Phasenverschiebung im Zeitbereich t_9 erreicht wird. Beide Betriebszustände lassen sich mit Hilfe eines der oben beschriebenen Diagnose-Verfahren feststellen.
25

30 Schließlich ist in Fig. 7 ein Fall dargestellt, in dem sich der Synchronmotor der Pumpe in einem seiner beiden Totpunkte befindet und nicht anläuft. Auch dieser Betriebszustand ist diagnostizierbar, da das Phasenverschiebungssignal in diesem Fall einen sehr hohen konstanten Wert erreicht, ohne dass hochfrequente Signalanteile vorhanden sind. Beispielsweise bietet hier das Fehlen hochfrequenter Signalanteile eine Möglichkeit zur Diagnose, in
35 dem die oben beschriebene Fourier-Transformation durchgeführt wird und der Verlauf der Amplitude der Fourier-Transformierten untersucht wird.

1 Das Flussdiagramm in Fig. 8 zeigt zusammenfassend einzelne Schritte des
Verfahrensablaufs. In dem Meß-Schritt 30 werden zunächst die am Motor an-
liegende Wechselspannung U und der Motor-Wechselstrom I gemessen und in
Rechteck-Signale U' , I' umgewandelt. Im anschließenden Bestimmungs-Schritt
5 32 wird die Größe der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ zwischen der Wechselspannung
 U' und dem Wechselstrom I' bestimmt, und es wird eine Ermittlung des zeitli-
chen Verlaufs sowie eine gleitende Mittelung durchgeführt. Außerdem kann
in diesem Bestimmungs-Schritt 32 ein Parameter der ermittelten Kurve un-
tersucht werden, also z.B. die Größe der Steigung. Der nachfolgende Zuord-
10 nungs-Schritt 34 dient dann dazu, das bestimmte Merkmal, also z.B. die
Steigung der Kurve zu klassifizieren, d.h. einem vorbestimmten Wertebereich
zuzuordnen, der mit einem Pumpen-Betriebszustand verknüpft ist, der einer
Fehlfunktion der Synchronpumpe entsprechen kann. Wahlweise ist es mög-
lich, daß der Bestimmungs-Schritt 32 den oben erwähnten Transformations-
15 Schritt zur Frequenzanalyse mittels Fouriertransformation umfaßt und im
Zuordnungs-Schritt 34 die Amplitude der Fouriertransformierten klassifiziert
wird. Vier solcher zuzuordnender Betriebszustände 36,38,40,42 sind auf der
rechten Seite in Fig. 8 dargestellt, nämlich das erfolgreiche Anlaufen der Syn-
chronpumpe, das Ansaugen von Luft bei einem Wasserniedrigstand, das
20 Nicht-Fördern der Pumpe bei einer Filterverstopfung und das Nicht-Anlaufen
der Pumpe.

Das erfindungsgemäße Diagnoseverfahren sowie die entsprechende Vorrich-
tung eignen sich insbesondere zum Einsatz in Spülmaschinen, sind jedoch
25 nicht hierauf beschränkt. Die Erfindung ist ohne weiteres auch im Zusam-
menhang mit Flüssigkeitskreisläufen anderer Art verwendbar, bei deren Be-
trieb bestimmte Betriebszustände der Synchronpumpe festgestellt und Fehl-
funktionen diagnostiziert werden sollen.

30

35

Patentansprüche

1

5

10

15

20

25

30

35

1. Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen (36,38,40,42) einer Synchronpumpe in einem Flüssigkeitskreislauf, insbesondere in einer Spülmaschine oder dergleichen, dadurch **gekennzeichnet**, daß in einem Meß-Schritt (30) die am Pumpenmotor anliegende Wechselspannung (U) und der Motor-Wechselstrom (I) gemessen werden, daß in einem Bestimmungs-Schritt (32) zu verschiedenen Zeitpunkten die Größe einer Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) zwischen der Wechselspannung (U) und dem Wechselstrom (I) gemessen wird, aus den aufgenommenen Meßwerten der zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) ermittelt wird und ein Merkmal des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) bestimmt wird, und daß in einem Zuordnungs-Schritt (34) das bestimmte Merkmal einem vorbestimmten Pumpen-Betriebszustand (36,38,40,42) zugeordnet wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß im Zuordnungs-Schritt (34) das bestimmte Merkmal einem vorbestimmten Merkmals-Wertebereich zugeordnet wird, der mit einem Pumpen-Betriebszustand (36,38,40,42) verknüpft ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß im Bestimmungs-Schritt (32) die Größe der Steigung (S1,S2) des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) bestimmt wird, und daß in dem Zuordnungs-Schritt (34) die bestimmte Größe der Steigung (S1,S2) einem vorbestimmten Steigungs-Wertebereich zugeordnet wird, der mit einem Pumpen-Betriebszustand (36,38,40,42) verknüpft ist.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Bestimmungs-Schritt (32) einen Transformations-Schritt umfaßt, in welchem der zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung einer Fouriertransformation unterzogen wird und die Amplitude des Fouriertransformierten in einem vorbestimmten Frequenzbereich bestimmt wird, und daß in dem nachfolgenden Zuordnungs-Schritt (34) die bestimmte Amplitude einem vorbestimmten Amplituden-Wertebereich zugeordnet wird, der mit einem Pumpen-Betriebszustand (36,38,40,42) verknüpft ist.

- 1 5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß es sich bei der Fouriertransformation um eine diskrete Fouriertransformation (DFT) oder um eine Fast Fourier Transformation (FFT) handelt.
- 5 6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung im Bestimmung-Schritt (32) eine gleitende Mittelung beinhaltet.
- 10 7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Meß-Schritt (30) eine Umwandlung des gemessenen Wechselspannungs-Signals (U) und des gemessenen Wechselstrom-Signals (I) in Rechtecksignale (U',I') beinhaltet.
- 15 8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet** durch einen Microcontroller (10) mit einem Timer (12), der einen Spannungs-Eingang (14) zur Aufnahme eines Start-Signals und einen Strom-Eingang (16) zur Aufnahme eines Stop-Signals umfaßt, welche Spannungs- bzw. Strom-Eingänge (14,16) dazu ausgebildet sind, das Überschreiten eines vorbestimmten Spannungs- bzw. Stromsignalpegels als Start- bzw. Stop-Signal zu interpretieren, wobei der Timer-Inhalt zum zeitlichen Abstand zwischen Start-Signal und Stop-Signal proportional ist, und welcher Microcontroller (10) einen Speicher (18) zur Speicherung des Timer-Inhalts umfaßt.
- 20 9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Speicher (18) eine Anzahl von Speicherplätzen zum Speicherung einer Abfolge von Speicherinhalten umfaßt.
- 25 10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Microcontroller (10) eine Auswertungseinheit (20) zur Mittelung der Speicherinhalte umfaßt.
- 30 11. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 10, **gekennzeichnet** durch eine Schnittstelle zur Übermittlung betriebszustandsbezogener Daten an eine Steuereinheit zur Steuerung des Flüssigkeitskreislaufs.
- 35

Zusammenfassung

1

5

10

15

20

25

30

35

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose von Betriebszuständen (36,38,40,42) einer Synchronpumpe in einem Flüssigkeitskreislauf, insbesondere in einer Spülmaschine oder dergleichen. In einem Meß-Schritt (30) wird die am Pumpenmotor anliegende Wechselspannung (U) und der Motor-Wechselstrom (I) gemessen, in einem Bestimmungs-Schritt (32) wird zu verschiedenen Zeitpunkten die Größe einer Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) zwischen der Wechselspannung (U) und dem Wechselstrom (I) gemessen, aus den aufgenommenen Meßwerten wird der zeitliche Verlauf der Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) ermittelt und ein Merkmal des zeitlichen Verlaufs der Phasenverschiebung ($\Delta\phi$) bestimmt, und in einem Zuordnungs-Schritt (34) wird das bestimmte Merkmal einem vorbestimmten Pumpen-Betriebszustand (36,38,40,42) zugeordnet.

(Fig. zur Zusammenfassung: Fig. 8)

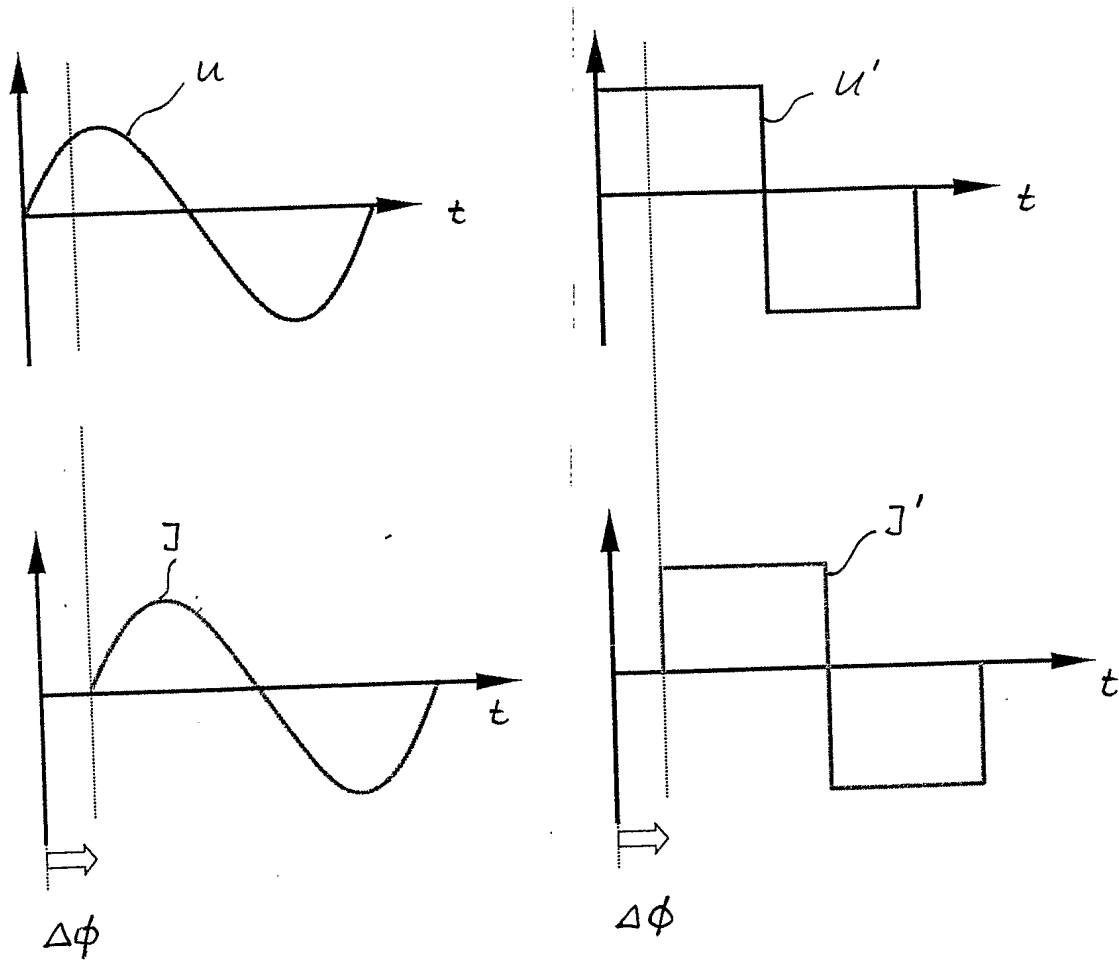


Fig. 1

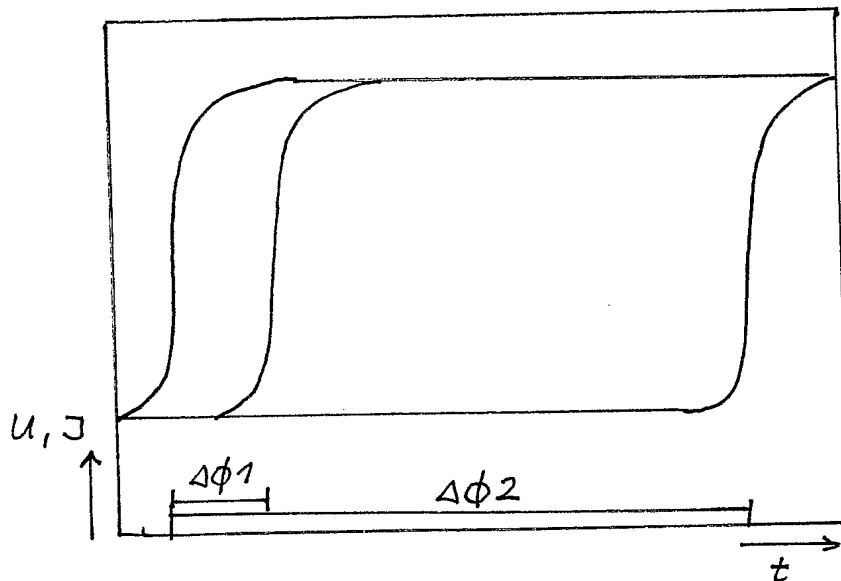


Fig. 2

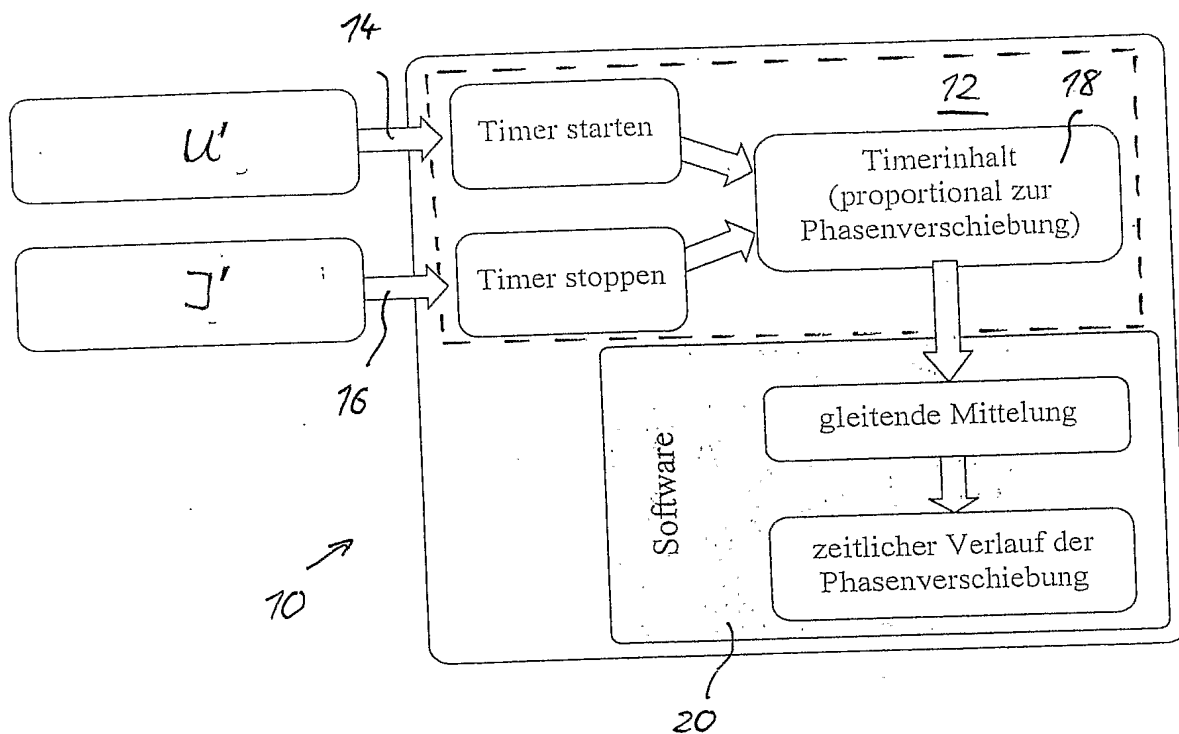


Fig. 3

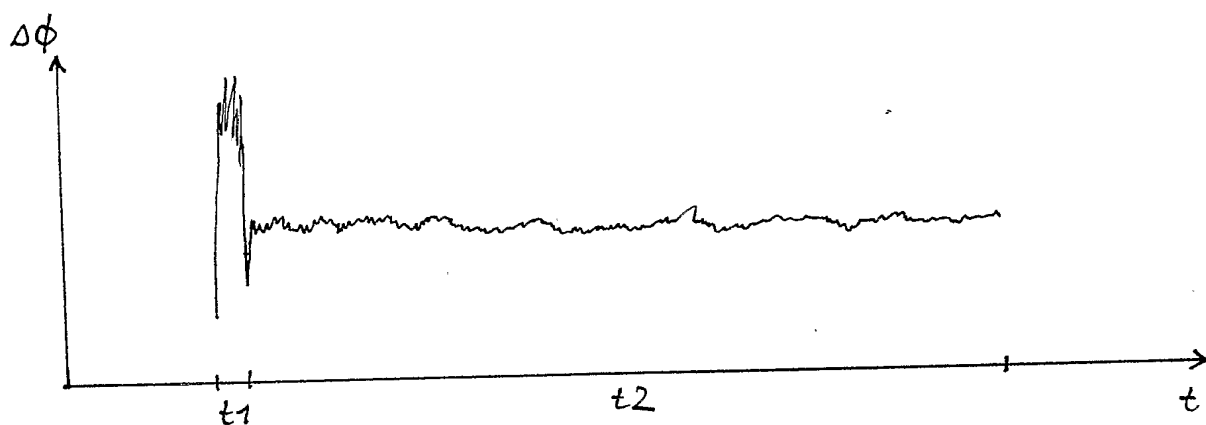


Fig. 4

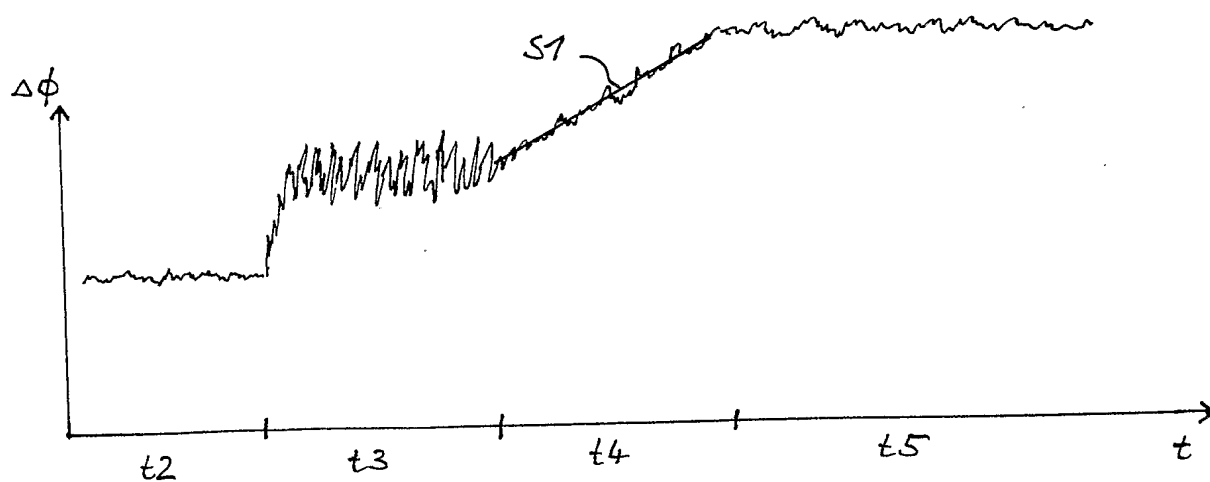


Fig. 5

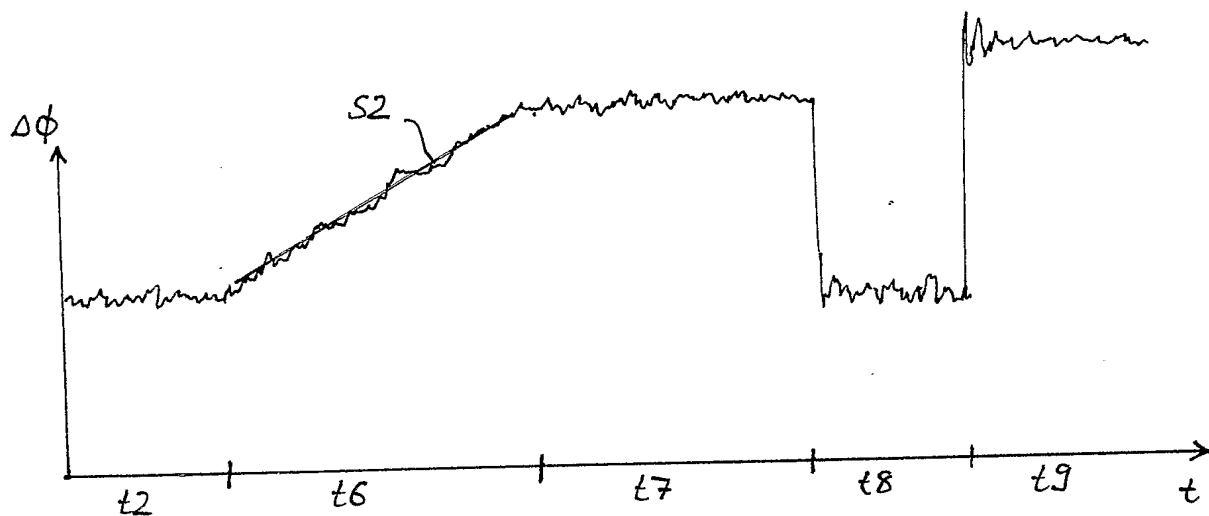


Fig. 6

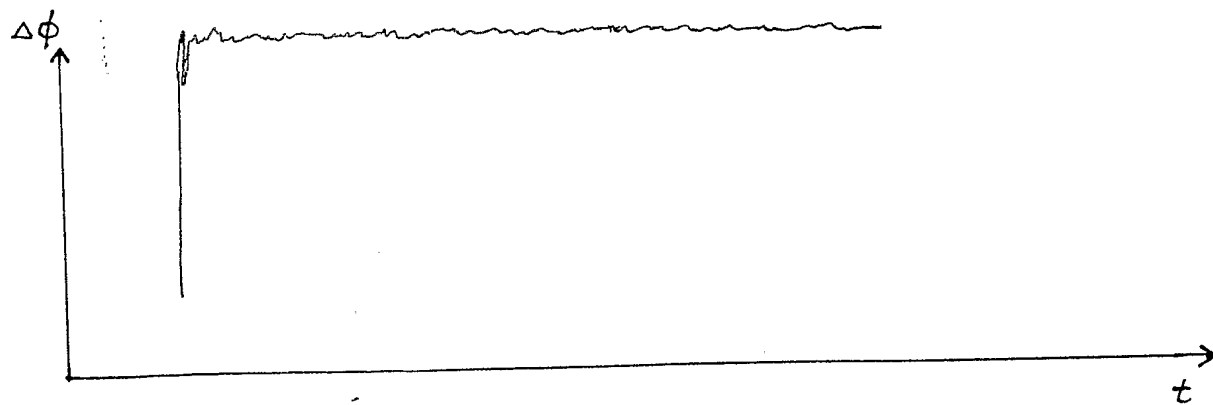


Fig. 7

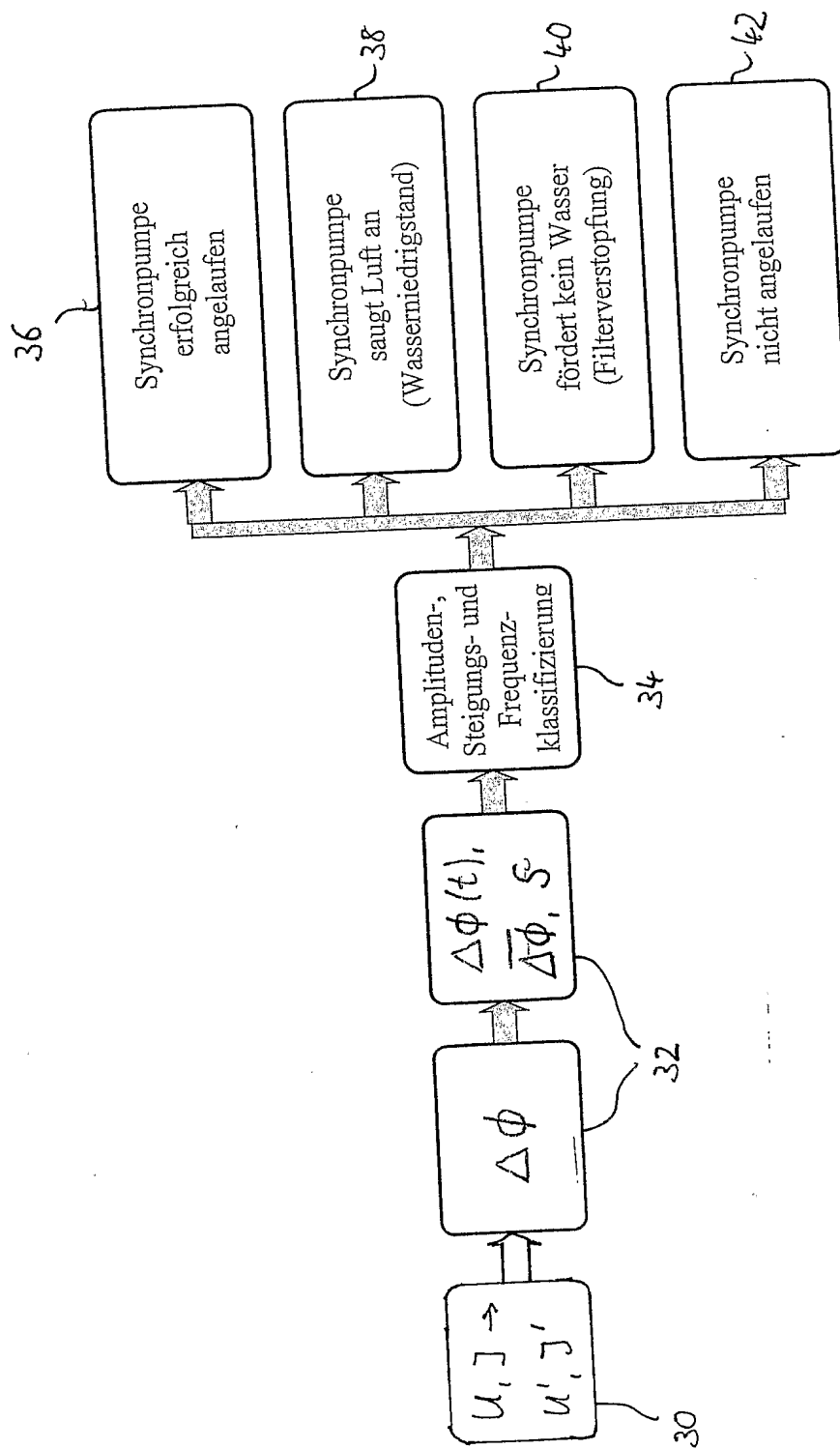


Fig. 8